

# Diseño de un tornillo corpóreo como dispositivo auxiliar en el tratamiento de alteraciones en la columna vertebral

## Design of corporeal screw as auxiliary device in spine alterations treatment

A. Rangel-Elizalde <sup>a</sup>, J.A. Beltrán-Fernández <sup>a</sup>, L.H. Hernández Gómez <sup>a</sup>,  
A. Gonzáles-Rebatú <sup>b</sup>, J. Martínez-Paredes <sup>a</sup>, L.M. Valverde-Cedillo <sup>a</sup>

<sup>a</sup>Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, México, D. F. México

<sup>b</sup>Instituto de Seguridad y Servicios Sociales para los Trabajadores del Estado. Hospital Regional 1° de Octubre, México

Recibido: 2/4/2014; revisado: 1/6/2014; aceptado: 13/6/2014

**Rangel-Elizalde, A. et. al.:** Diseño de un tornillo corpóreo como dispositivo auxiliar en el tratamiento de alteraciones en la columna vertebral. *Jou.Cie.Ing.* **6** (1): 47-52, 2014. ISSN 2145-2628.

### Resumen

En el presente trabajo de investigación se describe el procedimiento para el diseño y fabricación de un tornillo corpóreo modelo M8 (el cual posee las dimensiones adecuadas para poder ser utilizado como injerto óseo en la zona lumbar L3, L4 y L5). Dicho modelo será utilizado como injerto óseo mediante la aplicación de la Técnica PLIF (Fusión Intersomática Lumbar Posterior) con propósito de mantener el espacio intervertebral en la zona lumbar, además de lograr la fusión de las vértebras adyacentes así como fomentar el crecimiento de hueso y de esta manera eliminar o reducir las alteraciones causadas por enfermedades en la columna vertebral, tales como la escoliosis (curvatura anormal en la columna vertebral) o el desplazamiento de un disco intervertebral (desgarre de la superficie externa del disco intervertebral). El desarrollo del tornillo corpóreo se realizó en 2 etapas: 1) Diseño y creación del alma del tornillo corpóreo a base de acero inoxidable grado 316L y 2) Diseño del cuerpo del tornillo corpóreo, el cual se pretende fabricar a partir de la utilización de una impresora tridimensional de polvos. Una vez terminada la pieza se someterá a pruebas de esterilización (Sterrad® y Autoclave) y ensayos mecánicos de compresión y torsión con la finalidad de conocer el comportamiento del material y mediante esto corroborar el cumplimiento de los requerimientos clínicos por parte del especialista para hacer al tornillo corpóreo candidato a ser utilizado como implante óseo en la zona lumbar del ser humano.

**Palabras Clave:** Tornillo corpóreo, fusión intersomática lumbar posterior, escoliosis, disco intervertebral, esterilización, ensayos mecánicos

### Abstract

The present research describes the procedure for design and manufacturing of a corporeal screw M8 model (which has the correct dimensions to be used as bone graft in the lumbar L3, L4 and L5). This model will be used as bone graft by applying the Technical PLIF (Posterior Lumbar Interbody Fusion) in order to maintain the intervertebral space in the lumbar area as well to achieve the fusion of adjacent vertebrae while promoting bone growth and thus eliminate or reduce diseases caused by alterations in the vertebrae, such as scoliosis (abnormal curvature of the spine) or displacement of an intervertebral disc (tearing of the outer surface of the intervertebral disc).

The development of the corporeal screw was performed by 2 stages: 1) Design and creation of the soul of the corporeal screw in base of grade 316L stainless steel and 2) Design screw the corporeal body, which will be manufacture from the use of a powders 3D printer. Once the piece will undergo sterilization tests (Sterrad® and Autoclave) and mechanical tests of compression and torsion in order to understand the behavior of the material and by this verify compliance of the clinical requirements by the specialist to the screw corporeal candidate to be used as bone implant in the lumbar region of the human body.

**Keywords:** Corporeal screw, posterior lumbar interbody fusion, scoliosos, intervertebral disc, sterilization tests, mechanical tests.

## 1. Introducción

En la actualidad el ritmo de vida y la mala alimentación por parte de la sociedad, además de la creciente adicción a sustancias que modifican o alteran el organismo han ocasionado que el análisis de la estabilidad de la columna vertebral sea de vital importancia; ya que mediante este estudio se facilita el diagnóstico y tratamiento de alteraciones en la columna vertebral, en específico la zona lumbar, esta inestabilidad puede causar enfermedades, que están relacionadas con tumores, espondilosis y la degeneración del disco intervertebral, entre otros [1]. Por lo cual se ha propuesto una fusión espinal de 2 o más vértebras en la zona lumbar, la cual es considerada la mejor opción para el tratamiento de dicho problema.

Por lo cual se pretende utilizar técnica PLIF (Fusión Intersomática Lumbar Posterior) (Figura 1), ya que el principal objetivo de esta técnica consiste en fomentar la artrodesis vertebral, la cual consiste en la inmovilización rígida e irreversible de uno o más segmentos vertebrales (unidad funcional básica de la columna vertebral, la cual consta de dos vértebras adyacentes, el disco intervertebral y todos los ligamentos que las mantienen asociadas y les permiten su movilidad); esto con la finalidad de aliviar el dolor vertebral y prevenir o tratar la inestabilidad.

El procedimiento PLIF incluye tres pasos básicos:

1. Planeación preoperatoria y elaboración de plantillas. Antes de la cirugía, el cirujano usa imágenes de resonancia magnética y tomografía computada para determinar el tamaño de los implantes que requiere el paciente.
2. Preparación del espacio discal. Dependiendo del número de niveles a fusionar, se hace una incisión de 3-6 pulgadas en la espalda del paciente y se retraen (separan) los músculos espinales para permitir el acceso al disco vertebral.
3. Inserción de los implantes. Una vez preparado el espacio discal, se inserta dentro del mismo el injerto óseo con una rejilla, esto para promover la

fusión entre las vértebras. En este momento puede usarse también instrumentación adicional (como barras o tornillos) para dar mayor estabilidad a la columna.



Fig. 1. Representación de la técnica PLIF.

Los tornillos corpóreos hechos a base de materiales metálicos en particular el titanio grado 2 se han convertido en los elementos auxiliares más comunes utilizados en la técnica PLIF, debido a que estos materiales fomentan una regeneración ósea limitada pero a un costo muy elevado.

En base a estas necesidades, el presente trabajo “Diseño de un tornillo corpóreo como dispositivo auxiliar en el tratamiento de alteraciones en la columna vertebral” tiene como propósito mantener el espacio intervertebral en la zona lumbar, además de lograr la fusión de las vértebras adyacentes así como fomentar el crecimiento de hueso y de esta manera eliminar o reducir

las alteraciones causadas por tumores, lesiones o enfermedades degenerativas de la columna vertebral.

## 2. Planteamiento del problema

En la actualidad existen una gran diversidad de problemas en la columna vertebral, los cuales principalmente son causados por lesiones, enfermedades y envejecimiento, los cuales ocasionan desde el deterioro de los ligamentos que rodean al disco intervertebral, hasta la ruptura de vertebras en la zona lumbar, en particular las vértebras L3, L4 y L5, esto causados por la pérdida de elasticidad y flexibilidad, lo cual ocasiona enfermedades como la escoliosis (curvatura anormal en la columna vertebral) o el desplazamiento de un disco intervertebral (desgarre de la superficie externa del disco intervertebral). Cabe destacar que los discos intervertebrales deteriorados pueden ser reemplazados por tornillos corpóreos, los cuales tienen como objetivo conservar el espacio intervertebral entre las vertebra y de esta forma fomentar la fusión entre ellas, por lo cual las alteraciones originadas por las enfermedades en la columna vertebral se reducen o eliminan. En base a esto, en el presente trabajo se propone el diseño de un tornillo corpóreo modelo M8, el cual posee las dimensiones adecuadas para poder ser utilizado como injerto óseo en la zona lumbar (L3, L4 y L5).

## 3. Materiales y métodos

### 3.1. Metodología

La metodología que se llevó a cabo en el presente trabajo consiste de las siguientes etapas. Primeramente se realizó el diseño del tornillo corpóreo, el cual está constituido de una parte central o alma y de una parte externa o cuerpo del tornillo corpóreo, por lo cual se obtuvo un par de modelos sólidos. Como segundo paso se realizó la manufactura del alma del tornillo.

### 3.2. Diseño del alma del tornillo corpóreo

Para la elaboración del tornillo corpóreo con alma de acero inoxidable grado 316 (Acero grado médico) se consideraron las dimensiones de un tornillo tipo M8, debido a que esta clase de tornillos poseen las características y dimensiones necesarias para hacerlo candidato para ser utilizado como injerto óseo en la zona lumbar del ser humano. Como primer paso se procedió al diseño del alma de acero inoxidable grado 316

(Figura 2), posteriormente se obtuvo un modelo sólido (Figura 3).

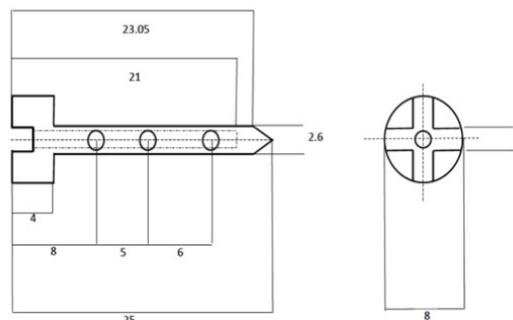


Fig. 2. Alma de acero inoxidable grado 316.

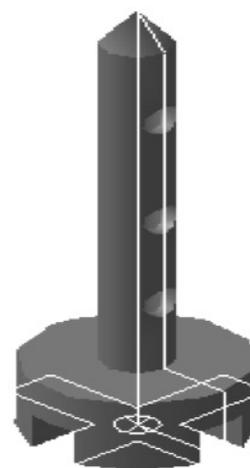


Fig. 3. Vista Isométrica de Alma de acero inoxidable grado 316.

Cabe destacar que el alma de acero inoxidable grado 316, posee una perforación central con un diámetro de 1/16 pulg. El Proceso de fabricación de alma del tornillo corpóreo es el siguiente:

- **Paso 1:** Torneado en el cuerpo de la pieza, con la finalidad de obtener el diámetro de 8 mm en la cabeza del alma del tornillo y de 2.6 mm en la espiga o cuerpo de dicho dispositivo; así como se delimitó una longitud de la espiga igual a 21 mms. (Figura 4).



Fig. 4. Torneado del alma del tornillo corpóreo.

- **Paso 2:** Se procedió a la formación de la punta de la pieza (longitud de 1.95 mm y un ángulo de  $38^\circ$ ).
- **Paso 3:** Con apoyo de un torno horizontal de efectuó el maquinado de la cabeza del tornillo la cual tiene una longitud de 4 mm y un diámetro de 8 mms, así también se realizó el maquinado de las ranuras del sistema de apriete las cuales poseen 2 mm de ancho y 2 mm de profundidad a un ángulo igual a  $90^\circ$  (Figura 5).

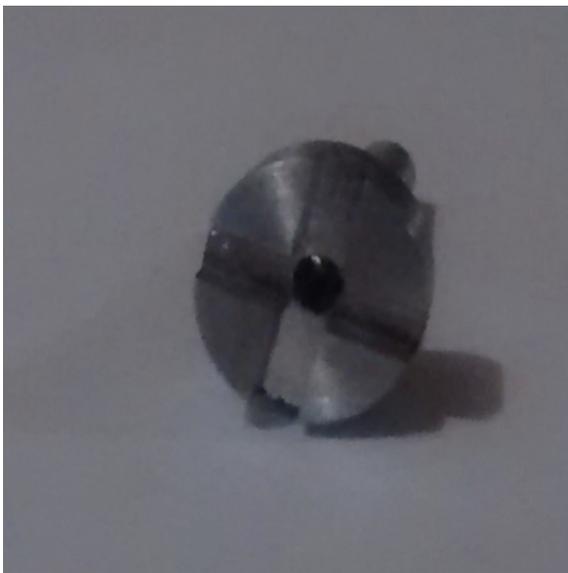


Fig. 5. Sistema de apriete del alma del tornillo corpóreo.

Para el proceso de barrenado en el cuerpo y cabeza del alma del tornillo se procedió al diseño y fabricación de un dispositivo de ayuda para la realización de las perforaciones (Figura 6).



Fig. 6. Dispositivo de ayuda para el maquinado del espécimen.



Fig. 7. Colocación del alma del tornillo corpóreo.

Dicho dispositivo se caracteriza por tener en su interior la forma del alma del tornillo corpóreo, con lo cual se puede fijar la pieza preformada en su interior y con esto realizar de forma más fácil las perforaciones, ya

que por las pequeñas dimensiones en la pieza de trabajo resulta muy complicado realizar el proceso de barrenado ya que la espiga tiende a desplazarse y/o quebrarse con facilidad, por lo cual surgió la necesidad de diseñar el dispositivo antes mencionado (Figura 7),

Una vez montada la pieza dentro de nuestro diseño se procedió a realizar las perforaciones de 1/16 pulg en el cuerpo de la pieza y en el sistema de apriete. (Figura 8),



Fig. 8. Herramientas de corte (Brocas).

### 3.3. Diseño del cuerpo del tornillo corpóreo

Una vez diseñado el alma del tornillo corpóreo se procedió al diseño del cuerpo del tornillo corpóreo (Figura 9) el cual tendrá un roscado considerando un diámetro nominal de 8 mm un diámetro interior de 6.466 mm y un paso de 1.25 mm; así como se obtuvo un modelo solido (Figura 10)

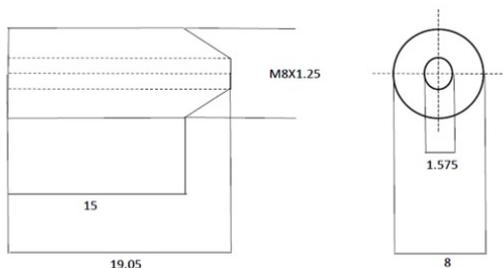


Fig. 9. Representación del cuerpo tornillo cilíndrico.

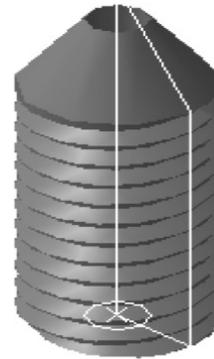


Fig. 10. Representación del cuerpo tornillo cilíndrico.

## 4. Conclusiones

Cabe destacar que la presente investigación continuara con la fabricación del cuerpo del tornillo corpóreo por medio de las siguientes técnicas:

- **Técnica 1:** Elaboración del cuerpo tornillo a partir del uso de una impresora tridimensional de polvos, en la cual se utilizara directamente el modelo solido hecho anteriormente, cabe destacar que el material utilizado en dicho proceso será la Hidroxiapatita y el Calcio, los cuales poseen una estructura porosa y por ello fomentan el crecimiento de tejido óseo alrededor de ellos, de tal manera se espera que al paso del tiempo el presente injerto óseo quede integrado de forma natural al organismo del ser humano, por lo cual se pretende obtener una fusión del tornillo corpóreo y de las vértebras lumbares adyacentes, esto se concluye considerando las investigaciones realizadas por Beltrán-Fernández [2] y Rangel- Elizalde [3].
- **Técnica 2:** Fabricación de un molde con múltiples cavidades para la elaboración de cuerpos del tornillo corpóreo, esto a partir del uso la una impresora tridimensional, con lo cual se pretende lograr una producción a mayor escala y con esto reducir los costos de fabricación, considerando la reutilización del molde.

Una vez realizado el proceso de fabricación del cuerpo del tornillo corpóreo antes mencionado, se pretende realizar una serie de pruebas tanto clínicas como mecánicas con el objeto de determinar el comportamiento de los materiales en conjunto.

La cronología de pruebas es la siguiente

- **Prueba 1:** Realización de dos procesos de esterilización (sistema de esterilización Sterrad® y sistema de esterilización con humedad (Autoclave)).
- **Prueba 2:** Obtención de las propiedades mecánicas del material, así como la carga y deformación permisible del tornillo corpóreo, esto mediante la realización de ensayos mecánicos de compresión en una máquina de pruebas universales considerando los estándares establecidos en la norma ASTM® D3410 [4] y torsión en especímenes vírgenes y esterilizados, con la finalidad de conocer el porcentaje de desgaste que ocasiona el proceso de esterilización, debido a que en el momento en que el tornillo corpóreo sea utilizado como injerto óseo se le realizara dichos procesos de esterilización, por lo cual se tendrá que corroborar que tanto los especímenes vírgenes como esterilizados satisfagan las necesidades expuestas por el especialista.
- **Prueba 3:** Realización de una evaluación numérica con el objetivo de conocer la integridad estructural bajo cargas de compresión y torsión de un modelo sólido del tornillo corpóreo, esto mediante la aplicación del método elemento finito con apoyo del software de diseño “ANSYS Workbench®”.

Después de haber realizado el análisis de los requerimientos por parte del especialista, el diseño del tornillo corpóreo posee las características y dimensiones necesarias para poder ser utilizado como injerto óseo en la zona lumbar de la columna vertebral del ser humano. Así como el tornillo corpóreo elaborado a partir de acero inoxidable grado 316, la Hidroxiapatita y el Calcio presentan las siguientes ventajas debido a la biocompatibilidad relacionada con los materiales utilizados:

1. Realización de pequeñas incisiones en el proceso quirúrgico, lo cual reduce el tiempo de recuperación del paciente.
2. Reducción en el tiempo de la cirugía.
3. Disminución de posibles lesiones a los nervios de la columna causada por la estenosis espinal, en

comparación con investigaciones realizadas con anterioridad, las cuales presentan resultados poco alentadores en relación a la fusión ósea [5–8].

### Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo del Instituto Politécnico Nacional (IPN), al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, así como al Hospital Regional 1° de Octubre del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales para los Trabajadores del Estado (ISSSTE), ya que sin su apoyo la realización de este trabajo no hubiera sido posible.

### Referencias

- [1] M.W. Chapman, M. Joseph, R.A. Marder, G. Rab, and Mclain R.A. *Chapman orthopedic surgery*. Lippincott Williams and Wilkins, Philadelphia, 2010.
- [2] Juan Alfonso et. al. Beltrán-Fernández. Biomechanical prosthesis design of an orbicular cranial cavity. In *Advances in Bio-Mechanical Systems and Materials*, number and Hernández-Gómez, Luis Héctor and y González, Alejandro Gonzalez Rebatú and Calderón, Guillermo Urriolagoitia, pages 87–94. Springer, 2013.
- [3] A.I. Rangel-Elizalde. Optimización del proceso de manufactura de tornillos corpóreos de hueso natural y sintético para el área de ortopedia. Master's thesis, Instituto Politécnico Nacional, 2013.
- [4] *Norm ASTM D3410. Standard Test Methods for compression testing of fibers and composites materials*, 2008.
- [5] Luis Perez-Orribo, Samuel Kalb, Phillip M Reyes, Steve W Chang, and Neil R Crawford. Biomechanics of lumbar cortical screw-rod fixation versus pedicle screw-rod fixation with and without interbody support. *Spine*, 38(8):635–641, 2013.
- [6] Christopher L Hamill, Lawrence G Lenke, Keith H Bridwell, Michael P Chapman, Kathy Blanke, and Christy Baldus. The use of pedicle screw fixation to improve correction in the lumbar spine of patients with idiopathic scoliosis: Is it warranted? *Spine*, 21(10):1241–1249, 1996.
- [7] Thorsten Humke, Dieter Grob, Jiri Dvorak, and André Messikommer. Translaminar screw fixation of the lumbar and lumbosacral spine: A 5-year follow-up. *Spine*, 23(10):1180–1184, 1998.
- [8] Camden Whitaker, Douglas C Burton, and Marc Asher. Treatment of selected neuromuscular patients with posterior instrumentation and arthrodesis ending with lumbar pedicle screw anchorage. *Spine*, 25(18):2312–2318, 2000.